

THIN FILM MAGNETIC HEAD AND ITS MANUFACTURING METHOD

Patent Number: JP4195908
Publication date: 1992-07-15
Inventor(s): OISHI TOMOJI; others: 03
Applicant(s): HITACHI LTD
Requested Patent: JP4195908
Application Number: JP19900323158 19901128
Priority Number(s):
IPC Classification: G11B5/31 C23C14/08
EC Classification:
Equivalents: JP2771323B2

Abstract

PURPOSE: To form a track width with high accuracy by forming an inorganic polymer film on an upper part magnetic film.
CONSTITUTION: A lower part magnetic substance 22 is formed on a substrate 21, and this together with the upper part magnetic film 23 to be formed afterward constitute a magnetic core for forming a magnetic circuit. Then, at a tip part 24, an insulating layer 25 consisting of a nonmagnetic material is interposed between the upper part magnetic film 23 and a lower part magnetic film 33 to form a magnetic gap. Then, the inorganic polymer film 29 is used in place of a photoresist as a mask material. Consequently, the selecting ratio of the mask material to the magnetic film at the time of ion milling is improved, and the film thickness of the mask material in a lower part of a step is thinned. By this method, the processing accuracy of the magnetic film by iron milling is improved, and the thin film magnetic head with high accuracy and good performance can be produced.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

⑫ 公開特許公報 (A)

平4-195908

⑬ Int. Cl. 5

G 11 B 5/31
C 23 C 14/08

識別記号

庁内整理番号

H 7326-5D
9046-4K

⑭ 公開 平成4年(1992)7月15日

審査請求 未請求 請求項の数 6 (全8頁)

⑮ 発明の名称 薄膜磁気ヘッド及びその製造方法

⑯ 特願 平2-323158

⑰ 出願 平2(1990)11月28日

⑱ 発明者 大石 知司 沢城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内

⑲ 発明者 中澤 哲夫 沢城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内

⑳ 発明者 府山 盛明 沢城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内

㉑ 発明者 三吉 忠彦 沢城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内

㉒ 出願人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

㉓ 代理人 弁理士 小川 勝男 外2名

明細書

1. 発明の名称

薄膜磁気ヘッド及びその製造方法

2. 特許請求の範囲

1. 上部磁性膜と下部磁性膜との間に、導体コイル、絶縁層及びギャップ層を形成した薄膜磁気ヘッドにおいて、

前記上部磁性膜上に、無機ポリマー膜を形成したことを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

2. 上部磁性膜と下部磁性膜との間に、導体コイル、絶縁層及びギャップ層を形成した薄膜磁気ヘッドにおいて、

前記上部磁性膜上に、ゾルーゲル法によって得られる膜を形成したことを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

3. 上部磁性膜と下部磁性膜との間に、導体コイル、絶縁層及びギャップ層を形成した薄膜磁気ヘッドにおいて、

前記上部磁性膜上に薄膜が形成され、該薄膜の膜厚が斜角部において最も厚いことを特徴と

する薄膜磁気ヘッド。

4. 前記上部磁性膜の飽和磁束密度 (B_s) が 1.4 T以上であることを特徴とする請求項1乃至3記載の薄膜磁気ヘッド。

5. 基板上に、下部磁性膜、ギャップ層、絶縁層、導体コイル、絶縁層及び上部磁性層を順次形成する工程と、その後バーニングする工程とを有する薄膜磁気ヘッドの製造方法において、

前記バーニング工程が、光エネルギーを利用することを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

6. 基板上に、下部磁性膜、ギャップ層、絶縁層、導体コイル、絶縁層及び上部磁性層を順次形成する工程と、その後バーニングする工程とを有する薄膜磁気ヘッドの製造方法において、

前記バーニング工程が、前記上部磁性体上に無機ポリマー膜を形成し、該無機ポリマー膜に光エネルギーを供給し、該無機ポリマー膜をマスクとしてイオンミリングすることを有する工程であることを特徴とする薄膜磁気ヘッドの

製造方法。

3. 発明の詳細な説明

[産業上の利用分野]

本発明は、磁気ディスク装置に搭載する薄膜磁気ヘッドに係り、特に上部磁性膜上に無機ポリマー膜を形成させた薄膜磁気ヘッド及びその製造方法に関するもの。

[従来の技術]

コンピュータの処理能力の向上に伴い、磁気ディスク装置の記憶容量は、ますます大容量化される傾向にある。

このため、磁気ディスク装置に搭載する薄膜磁気ヘッドの磁気コアのトラック幅も小さくなる方向にある。さらに、製造上の精度も高い水準が要求されている。

ここで、薄膜磁気ヘッドの構造について、第1図を用いて説明する。第1図は、薄膜磁気ヘッドの主要部分の構造を表わす断面図である。基板21上には下部磁性体22が形成され、後から形成される上部磁性膜23とともに磁気回路を形成

磁性膜23のパターンを高精度に形成する必要がある。しかし、このような高段差部に感光性樹脂を塗布形成すると、段差下部の感光性樹脂は、約 $10\mu m$ 以上と厚くなるために高精度なパターンを形成できないという問題があった。

そこで、従来から段差の低い状態で上部磁性膜23の幅を決める方法について多くの検討がなされている。

例えば特開昭60-10409号公報においては、絶縁膜を形成する前に上部磁性膜の先端部のみを形成し、その後絶縁膜及び上部磁性膜の後部を形成する方法が開示されている。この方法を用いれば、ほとんど段差のない状態で上部磁性膜の幅が決められるため、トラック幅が高精度化できると記載されている。

また、特開昭62-62415号公報及び同63-168811号公報においては、絶縁膜のうちで最下層部分を形成した後、上部磁性膜の先端部のみを形成し、次いで絶縁膜の上層部分及び上部磁性膜の後部を形成する方法が開示されている。この方法によれ

する磁気コアを構成している。先端部分24では、非磁性材料からなる絶縁層25を上部磁性膜23及び下部磁性膜22の間に介在させ、磁気ギャップを形成する。この上部磁性膜23及び下部磁性膜22と磁気ギャップとにより、磁気ディスクに對して情報の書き込み及び読み出しを行う。

一方、磁気コアの中央部では、導体コイル26が磁気回路と回巻交差するように設けてあり、この導体コイル26は、上部磁性膜23及び下部磁性膜22と絶縁膜27とにより絶縁されている。また、素子の上部は素子保護膜28で覆われている。

この薄膜磁気ヘッドの記録密度は、主として先端部24の形状によって決まり、特にトラック幅を決める上部磁性膜23の幅d及びオーバーライトや分解能を決まるポール長t(下部磁性膜22と磁気ギャップ25と上部磁性膜23との和)の両者は高精度に形成されなければならない。このうちdの値を高精度に形成するためには、約 $10\mu m$ の高さの絶縁膜27の段差下部において上部

ば、段差の低い状態で上部磁性膜の幅が決められるため、トラック幅が高精度化できると記載されている。

また、上部及び下部磁性膜を先端部と後部との2カ所に分割して形成する方法については、特開昭60-10410号公報において開示されている。この方法を用いれば、磁性膜先端部を高飽和磁化合金で形成し、磁性膜後部を高透磁率磁性材料で形成させることができるために、優れた記録材料を有する薄膜磁気ヘッドを実現することができると記載されている。

このように、トラック幅の精度を向上させるためには、磁性膜を加工する際のマスク材をできるだけ薄くするか、あるいは低段差で磁性膜を加工することが重要であり、これらのヘッド構造及び作業技術が検討されている。

[発明が解決しようとする課題]

上記従来技術のいずれにおいても、薄膜磁気ヘッドのトラック幅加工時においては、感光性ホトレジストを使用しているため、約 $10\mu m$ の高さ

の段差下部において、トラック幅を決定する上部磁性膜の先端部のパターンを形成しなければならない。このため、トラック幅を高精度に加工できないという問題があった。

また、イオンエッチングによるトラック幅加工では、マスク下部がアンダーカットされるため、膜厚分だけ精度が悪くなるという問題があった。

さらに、従来のアルミナマスク法による磁性膜の加工においては、アルミナをスパッタで作製するため、スパッタ時に磁性膜が劣化し、スパッタによるアルミナマスクは、磁気ヘッドの斜角部上のアルミナ膜厚が薄く、磁性膜をイオンミリングする際、斜角部分が最もミリングされやすいという問題もあった。また第4図に示すように、スパッタ法によるアルミナ形成では、その成膜方法上、膜は常に柱状構造になり、膜をある程度以上に緻密にすることはできなかった。従来のアルミナマスク法による薄膜磁気ヘッドのトラック幅加工では、磁性膜を加工するために、以下のような複雑な工程を経なければならないため、最終段階における

トラック幅の加工精度は悪いものであった。すなわち、アルミナ膜形成（スパッタ法）－ホトレジスト形成－アルミナ膜イオンミリング－ホトレジスト除去－磁性膜イオンミリングである。

本発明の目的は、上記従来技術の欠点を克服し、トラック幅を高精度に形成した薄膜磁気ヘッドを提供することにある。

また、トラック幅の高精度加工を可能にする薄膜磁気ヘッドの製造方法を提供することにある。すなわち、トラック幅が9μm以下の領域で精度が±10%の加工精度を有する薄膜磁気ヘッドの製造方法である。

[課題を解決するための手段]

本発明は、上記目的を達成するために、ゾル・ゲル法という無機膜を合成する手法に光照射工程を加味するといった手法により、これをトラック幅加工に適用したものである。本手法を用いれば、第1図に示すように、マスク材であるホトレジストの代わりに無機ポリマー膜29を用いることから、マスク材と磁性膜とのイオンミリング時にお

ける選択比が向上し、かつ段差下部でのマスク材膜厚が薄くなる。このため、イオンミリングによる磁性膜の加工精度が向上し、高精度で性能の良い薄膜磁気ヘッドを作成することができる。さらに、本発明の場合には、トラック幅加工をした後、ホトレジスト膜を除去するという工程がなく、プロセスが簡略化され、コストの低下にもつながる。

第2図は磁気ヘッドの外観を斜視的に描いたものである。従来法による膜形成では、膜厚に近い曲率を持った形状になってしまい、膜厚の倍に近い精度の低下があった。今回開発した手法は、ホトエッチングが可能なため、マスク下へのアンダーカットを大幅に低下させることができる。また、磁性膜を加工する際のマスク材となる無機膜の厚さを2μm以下にすることができるため、イオンミリング時の精度を大幅に向上させることができ、光の直進性によって、マスク材の下はアンダーカットされないため、トラック幅の精度が大幅に向上する。

本手法によれば、トラック幅加工時において、

磁性膜のイオンミリング時における選択比（選択比=磁性膜のミリング速度／無機膜のミリング速度）が3以上となるため、トラック幅のバラツキ精度が±10%以下の薄膜磁気ヘッドの作製が可能となる。また、トラック幅が9μm以下の薄膜磁気ヘッドにおいても、その精度を±10%以下に保つことができるようとしたものである。

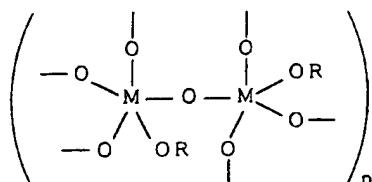
さらに、本手法を用いれば、コイル絶縁に使用していた有機絶縁膜であるポリイミド膜及びホトレジスト膜の代わりに無機絶縁膜を使用することができるところから、耐熱性の高い薄膜磁気ヘッドの形成が可能になり、特に、上部磁性膜の形成温度に自由度ができ、プロセスマージンが広がる。これにより、上部磁性膜の飽和磁束密度(Bs)が1.4T以上の磁性膜を形成したるものである。

コイル層間絶縁に使用する膜は、有機・無機複合体を用いることによっても同様な性質のものを得ることができる。

[作用]

本発明に用いられる金属アルコキシドは、一般

式 $M(OR)_n$ (M : 金属、 R : アルキル基、 n : 整数) で表わされる物質である。金属アルコキシドは水の存在下で反応エネルギーを吸収し、加水分解反応を生じ、 $(RO)_n - IMOH$ で表わされるアルコキシ基の一部が水酸基で置換された構造をもつ化合物を生成する。このように部分的に加水分解して生成した中間体は、さらに他の金属アルコキシド分子と反応し、



なる縮合生成物となって成長していく。ゾル・ゲル法は、上記化学反応すなわち加水分解反応と縮合反応を基本とし、無機ポリマーすなわち酸化物を合成するものである。本発明はこの方法によって無機ポリマー膜を形成する。このゾル・ゲル反応において、反応の律速段階は、加水分解反応時における金属-アルコキシ基結合の開裂であると

より、低温で化学量論比が揃った酸化物薄膜を得ることができる。

上記手法は、溶液塗布後、マスクを用いて光を照射し、必要部分にのみ無機膜を成膜させることができるものである。

従ってこの手法を用いれば、現在トラック幅加工の際に用いられている方法、すなわち上部磁性膜を加工するために、無機保護膜を使用し、この無機保護膜をマスク材とするためにホトレジストを用いてパターンを切るという工程が不要になる。すなわち本発明によれば、上部磁性膜上に直接無機膜のパターンを形成することができ、この無機膜をマスク材として上部磁性膜のトラック幅を加工することができる。このため、ホトレジストをトラック幅加工後に除去する工程が不要となり、トラック幅加工のプロセスを大幅に短縮することができる。また、上部磁性膜の加工にホトレジストを直接使用する方法を考えてみても、エッチング選択比を現状の磁性膜/ホトレジスト = 1.0 ~ 2.0 から磁性膜/無機膜 = 3 以上に向上させ

言われている。

本発明は、金属-アルコキシ基結合に対応したエネルギーを光照射により付与し、金属-アルコキシ基結合を選択的に切断し、ゾル・ゲル反応の律速段階である加水分解反応を促進させ、ゾル・ゲル反応を理想的な状態において完遂させようとするものである。また、上記反応溶液を用いて基板上に成膜した薄膜にオゾンを発生させるために必要な波長の光の照射を行なうのは、膜中に少量残存する有機物をオゾン酸化させることにより、さらに膜中の有機物を減少させようとするものである。

従って、第3図のフローチャートからわかるように、膜を塗布した後磁性膜をイオンミリングするまでには、光照射という工程を行うだけとなる。

このため、膜形成後に膜質を向上させるための熱処理が不要となり、耐熱温度が 300°C 以下の基板や熱膨張係数の差の大きな基板上への酸化物薄膜の形成が可能になる。すなわち、上記光照射の工程をゾル・ゲル反応に加味するという手法に

することができるため、マスク材を薄くでき、トラック幅加工精度を向上させることができる。

このように、トラック幅加工に無機膜をマスク材として用いることにより、高精度に加工することが可能になり、高性能な薄膜磁気ヘッドが得られる。

さらに本発明における手法を用いれば、現状の磁気ヘッドのコイル層間絶縁膜に使用しているホトレジストの代わりに無機絶縁膜を使用することができる。これによれば、上部磁性膜のキュア温度を 250°C 以上とすることができるため、磁性膜形成温度に自由度ができ、かつ後工程による熱履歴に影響を受けにくいことから、高信頼性につながる。

従来のトラック幅加工では、ホトレジストを用いて磁性膜を加工しているため、精度を高めることは困難であった。また、磁気コイルの層間絶縁もポリイミド膜、ホトレジストなどの有機物を使用していたため、磁性膜の形成温度を 250°C 以上にすることはできず、磁性膜の性能も低いもの

であった。

また、本発明によれば、磁気ヘッドの斜角部上にマスク材を厚く形成することができるため、磁性膜をイオンミリングする際、最も劣化が激しい斜角部分を保護することができる。

さらに本発明は、ホトエッティングが可能なため、イオンエッティング時においてマスク下部がアンダーカットされ、膜厚分だけ精度が悪くなるということはない。

本発明によれば、溶液中においてすでにある程度の分子量を持った無機ポリマーを用いて成膜するため、第4図に示すように極めて緻密な膜11を作製することができる。このため、マスク材の厚さを薄くでき、トラック幅加工の精度向上につながる。前述のとおりスパッタ法では、成膜方法の本質的な問題により、膜12の構造は常に柱状構造となり、ある程度以上膜を緻密にすることはできない。従って、膜質も悪いものであった。第4図は、ガラス基板13上に、ゾル・ゲル膜11としてTa₂O₅を、スパッタ膜12としてITO

を形成した場合を示している。

(実施例)

以下、本発明の実施例を説明する。

実施例1

第3図に薄膜磁気ヘッドのトラック幅加工プロセスを示す。図中1は下部磁性膜、2はギャップ(A₁zO₃)、3はホトレジスト膜、4はコイル、5は上部磁性膜(I)、6は無機膜、7は上部磁性膜(II)、8はゾル・ゲル膜、9はマスクである。

薄膜磁気ヘッドのコイル層間絶縁膜としてホトレジスト(3)を使用し、磁性膜(1, 5, 7)としてパーマロイ膜を用いた。また、上部磁性膜(I)(5)と上部磁性膜(II)(7)を分離する無機膜(6)には、アルミナを使用した。磁性膜及びアルミナ膜の作製は、スパッタ法を用いてホトレジストの作製は塗布法により行なった。薄膜磁気ヘッドの基板、すなわちスライダー材料としてはジルコニア基板を使用した。高性能な薄膜磁気ヘッドを作製するためには、上部及び下部磁

性膜及び層間無機膜を高精度に加工しなければならない。

以下、この加工プロセスを説明する。このプロセスで使用されるゾル・ゲル膜は次のようなものが使用される。

タンタルエトキシドTa(OCH₂H₅)₅の0.5 mol/lのエタノール(C₂H₅OH)溶液を作製した。この溶液4mlに水(H₂O)の0.5 mol/l、エタノール溶液1.6mlと塩酸0.01 mol/lのエタノール溶液0.5mlの混合溶液にエタノール4mlを加えた溶液を3ml/分の速度で滴下し、透明な均一溶液を得た。この混合溶液を一時間攪拌した。この溶液を上部磁性膜上にスピナーを用いて塗布した。ついで、薄膜磁気ヘッドのトラック幅加工部にマスク(6)をあて、タンタルーアルコキシ基の結合エネルギーに対応する254nmの光を15分間照射した後、184nmの光を10分間照射し、膜をオゾン酸化した。光照射部は膜が硬化し、有機溶媒には不溶となる。この磁気ヘッドをエタノ

ール中で洗浄し、ゾル・ゲル膜の有機溶媒に可溶な部分を除去した。残った膜は、Ta₂O₅膜であり、膜厚は約1μmであった。ついで、このTa₂O₅膜をマスク材として、上部磁性膜(II)および下部磁性膜であるパーマロイ膜をアルゴンイオンでイオンミリングし、磁性膜を加工した。Ta₂O₅膜は、無機膜であり、硬度も高いため、このイオンミリングによるトラック幅加工時においてその選択性=磁性膜のミリング速度/無機膜のミリング速度を4以上にすることができた。また、マスク材であるTa₂O₅膜の膜厚も約1μmと薄いため、マスク材のパターン精度もよい。したがって、イオンミリング後のトラック幅のバラツキ精度を±7%にすることことができた。

実施例2

薄膜磁気ヘッドのコイル層間絶縁膜に使用しているホトレジストの代わりに、無機の絶縁膜を本特許の手法により形成することができる。

薄膜磁気ヘッドのコイル間の絶縁を行なう工程(従来ホトレジストをスピナー塗布していた。)に

おいて、次の様にして合成したゾル・ゲル溶液をスピン塗布し、無機膜でコイル間を層間絶縁した。シリコンテトラエトキシドの 1 mol/l のエタノール溶液を作製した。この溶液 20 ml に水の 1 mol/l のエタノール溶液 80 ml と塩酸 0.1 mol/l のエタノール溶液 10 ml の混合溶液を 3 ml/min の速度で滴下し、透明な均一溶液を得た。この溶液にシリコンーエトキシ基の吸収位置に対応する 210 nm の光を 60 分間照射した。この溶液をホトレジストをスピン塗布するのと同様な方法でスピン塗布し、ついで、 184 nm の光を 10 分間照射した。このスピン塗布、光照射の工程を 5 回くり返して、厚さ $7\text{ }\mu\text{m}$ の無機膜を作製した。この膜をさらに 100°C で乾燥した。ついで、この無機膜の上部に、上部磁性膜(I)、アルミナ膜、上部磁性膜(II)をスパッタ法にて形成した。磁性膜形成時のスパッタ温度は 300°C である。従来、上部磁性膜は、コイル層間絶縁膜に有機物を使用しているため、 250°C 以上でスパッタできなかった。これにより、後

工程における熱履歴はなくなり、信頼性の高い磁性膜形成が可能になる。ついで、実施例1で示した、トラック幅加工法と同じ手法により、トラック幅を精度よく加工した。

上記手法により、高性能な薄膜磁気ヘッドを得ることができた。

また、シリコンテトラエトキシド中に無機フィラーを分散させることにより、膜厚の厚い無機膜を容易に得ることができた。

実施例3

薄膜磁気ヘッドのコイル層間絶縁膜に使用しているポリイミド膜の代わりに、有機・無機複合体を使用することができる。

薄膜磁気ヘッドのコイル間の絶縁を行なう工程において、次の様にして有機・無機複合体で膜を作製し、コイル間を層間絶縁した。

ジフェニルシラン 0.5 mol/l 、メチルビニルシラン 0.5 mol/l 、テトラアルコキシラン 0.5 mol/l のそれぞれのエタノール溶液をそれぞれ 10 g , 10 g , 20 g の割合で

混合した。この混合溶液に塩酸 0.01 mol/l 、水溶液を 2 g 添加し、 70°C で 30 分間還流した。この溶液を冷却した後、光活性化触媒として α -ヒドロキシケトンの 0.1 mol/l 、エタノール溶液を 1 g 加えた後、エタノールを減圧蒸留し、混合溶液の粘度をスピン塗布に適したものとした。

上記溶液を磁気ヘッドのコイル間にスピン塗布した後、マスクを用いて、必要部にのみ低圧水銀灯で紫外線を照射した。紫外線の照射された部分は、光活性化触媒の作用によりシリコン上の有機物が重合化し、三次元クロスリンクングを形成する。これにより、網目構造体を有する有機・無機複合体による膜が形成される。光照射部は硬化しエタノールに不溶となる。光照射部以外は、エタノールに溶解し除去した。この膜を 100°C で乾燥し、エタノールを完全に除去した。この膜は、無機物であるシリコンを骨格構造を持つため、 400°C 程度の熱では分解しない。

上記方法により作製した膜の上に、下部磁性膜、

アルミナ膜、上部磁性膜をスパッタ法で形成した。ここで、磁性膜を 300°C でキュアードした。ついで、実施例1で記述した方法により、トラック幅を加工して薄膜磁気ヘッドを得た。

このようにして得られた薄膜磁気ヘッドは、磁性膜のキュアード温度が高くできるため、性能のよい磁性膜が得られるうえ、トラック幅を高精度に加工できたため、高性能な薄膜磁気ヘッドが得られた。

[発明の効果]

本発明によれば、トラック幅を加工する際に、ホトレジストを使用せずに無機膜でこれに代替させることができるため、トラック幅加工時におけるイオンミリングの選択比を向上でき、高精度なトラック幅加工が可能となる。また無機絶縁膜の光照射による直接バーニングが可能となるため、従来のホトレジスト工程が不要で、バーニングが一工程ですみ、工程の大軒な簡略化と精度の向上が可能であり、薄膜磁気ヘッドの超高密度化に対応することができる。さらに、コイル層間絶縁

膜に無機膜を使用できるようになるため、磁性膜の形成温度を高めることができる。従って、高性能な薄膜磁気ヘッドを得ることができる。

本発明によれば、マスク材をスパッタする際、磁性膜のスパッタリングによる劣化を防止でき、磁歪定数の高い磁性膜を得ることができる。

本発明によれば、磁気ヘッド斜角部にマスク材を厚く形成できるため、磁性膜のイオンミリングにおける磁性膜の保護を十分に行うことができる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の磁気ヘッドの断面図、第2図は磁気ヘッドの斜視図、第3図は本発明の製造工程をフロー・チャートにした説明図、第4図は本発明の膜と従来の膜とを重ねて形成したときの膜の断面図である。

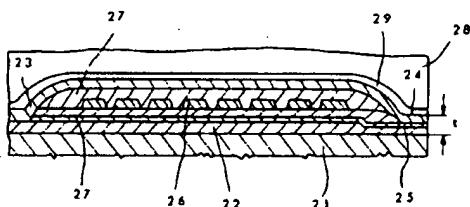
1…下部磁性膜、2…ギャップ、3…ホトレジ膜、4…コイル、5…上部磁性膜(Ⅰ)、6…無機膜、7…上部磁性膜(Ⅱ)、8…ゾルーゲル膜、9…マスク、11…ゾルーゲル膜、12…スパッタ膜、

13…ガラス基板、21…基板、22…下部磁性膜、23…上部磁性膜、24…先端部、25…磁気ギャップ、26…導体コイル、27…絶縁膜、28…粒子保護膜、29…本発明の膜。

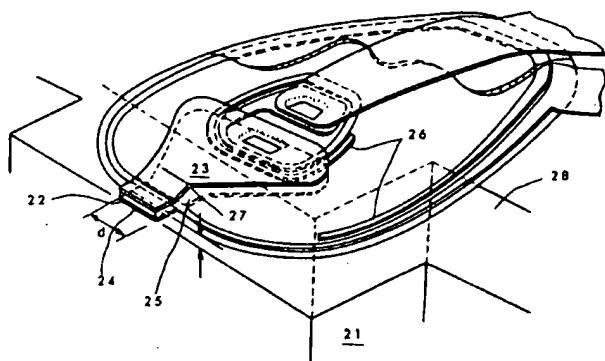
代理人 弁理士 小川勝男



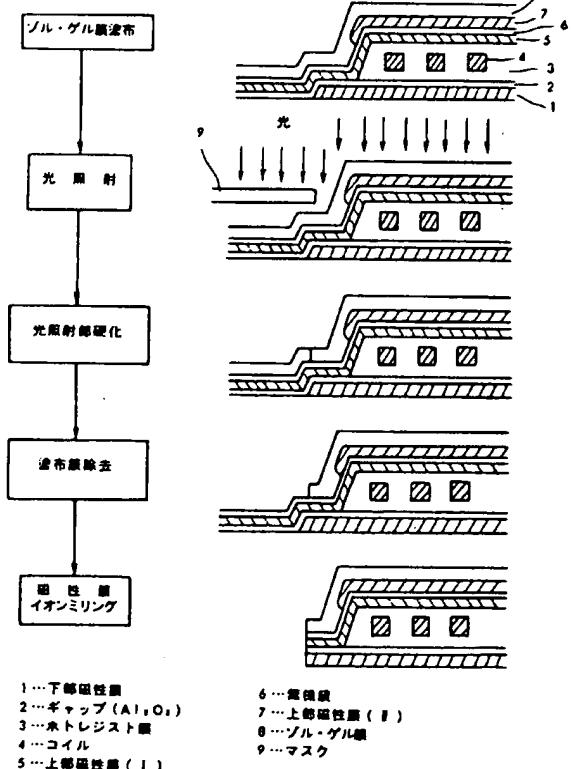
第1図



第2図



第3図



第4図

